

四国東部，美馬町地域の中央構造線

Trace of the Median Tectonic Line in Mima area, eastern Shikoku

水井良暢 (Yoshinobu MIZUI)*

橘 徹 (Toru TACHIBANA)**

鈴木茂之 (Shigeyuki SUZUKI)***

Tracing outcrops of shear zone were used to describe the geometry and structure of the Median Tectonic Line in Mima area, eastern Shikoku. A distinct new fault outcrop was discovered between the Mino and Ikuchi Faults at the northern slope of the Mt. Boso. These two faults are regarded as a single continuous fault.

The analysis of surface fabrics of quartz in fault gauge has been carried out to determine relative fault activity events.

Keywords: surface fabrics, fault gauge, Mino-Ikuchi Fault, Median Tectonic Line

I. はじめに

中央構造線は中部地方赤石山脈西縁から紀伊半島北部，四国北部を経て九州に達する構造線であり，白亜紀から現在までの長い間活動を続けている一連の断層群である。

本稿の調査対象としたのは，四国東部の中央構造線を構成する三野・井口断層及び荒川断層である（Fig.1）。三野・井口断層はこれまで三野断層と井口断層に区分されていたが，両者の接合部にあたる坊僧山において断層露頭を見出したことから，本研究では両者が連続していると結論づけた。本報告ではその断層露頭及び他の観察した断層露頭について記載を行う。さらにその他に観察した断層露頭も加えて，断層ガウジに含まれる石英粒子の表面構造の解析を行い，それによって各断層の相対的な活動時期の推定を行った。

II. 地形・地質概説

2. 1 地形概説

本調査地域は四国東部の吉野川北岸に位置し，徳島県三好郡三野町，美馬郡美馬町，脇町にまたがっている。

調査地域の南側には，吉野川が西から東へ，ほぼ東西方向に下流する。北側には，ほぼ東西方向に連なる讃岐山脈に繋がる山地が分布する。調査地域は讃岐山脈南側の末端部にあたり，吉野川及びその支流によって形成された段丘面・沖積扇状地面，及び滑落崖と滑落によって生じた移動体のなす斜面が分布する（水野ほか，1993）。段丘面は4位認められており，いずれも吉野川にほぼ平行な一連の分布を示す。段丘面は標高が高く，古いものから，中位段丘1面，中位段丘2面，低位段丘1面，低位段丘2

* 株式会社日本建設技術社，〒169-0072東京都新宿区大久保1-1-48

* Nikken gijutu-sha Corp., 1-1-48 Ohkubo, Shinjuku-ku, Tokyo, 169-0072, Japan

** 瀬戸内環境地質研究会，〒700-8530 岡山大学大学院自然科学研究科 鈴木茂之研究室内

** Research Org. for Environmental Geology of Setouchi, c/o Suzuki Office, Graduate School of Natural Science, and Technology, Okayama University, Okayama 700-8530, Japan

*** 岡山大学大学院自然科学研究科，〒700-8530岡山市津島中3丁目1-1

*** Graduate School of Natural Science, and Technology, Okayama University, Okayama 700-8530, Japan

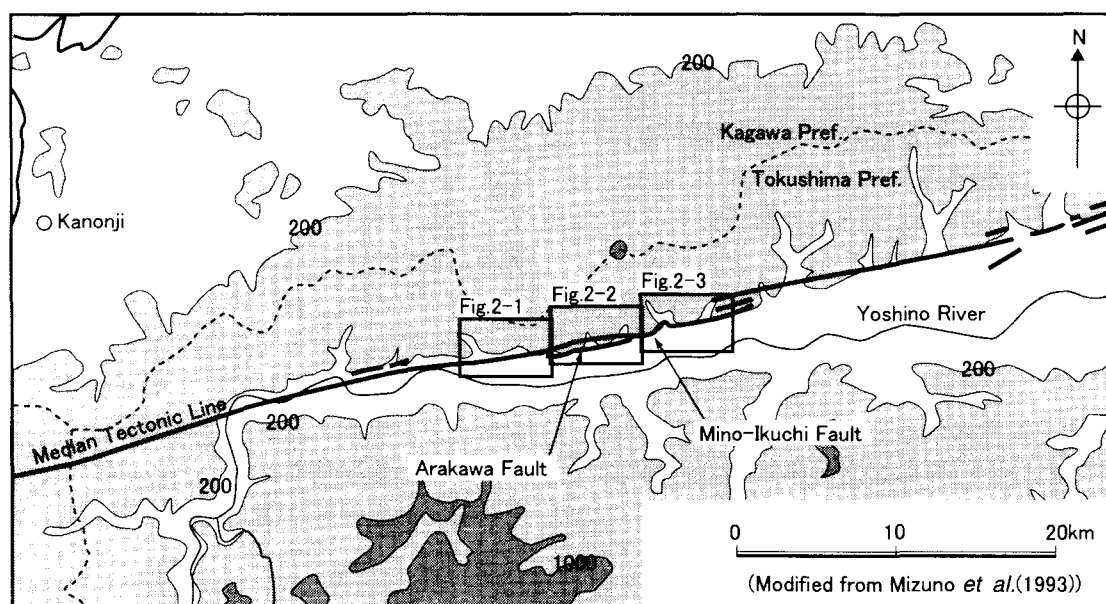
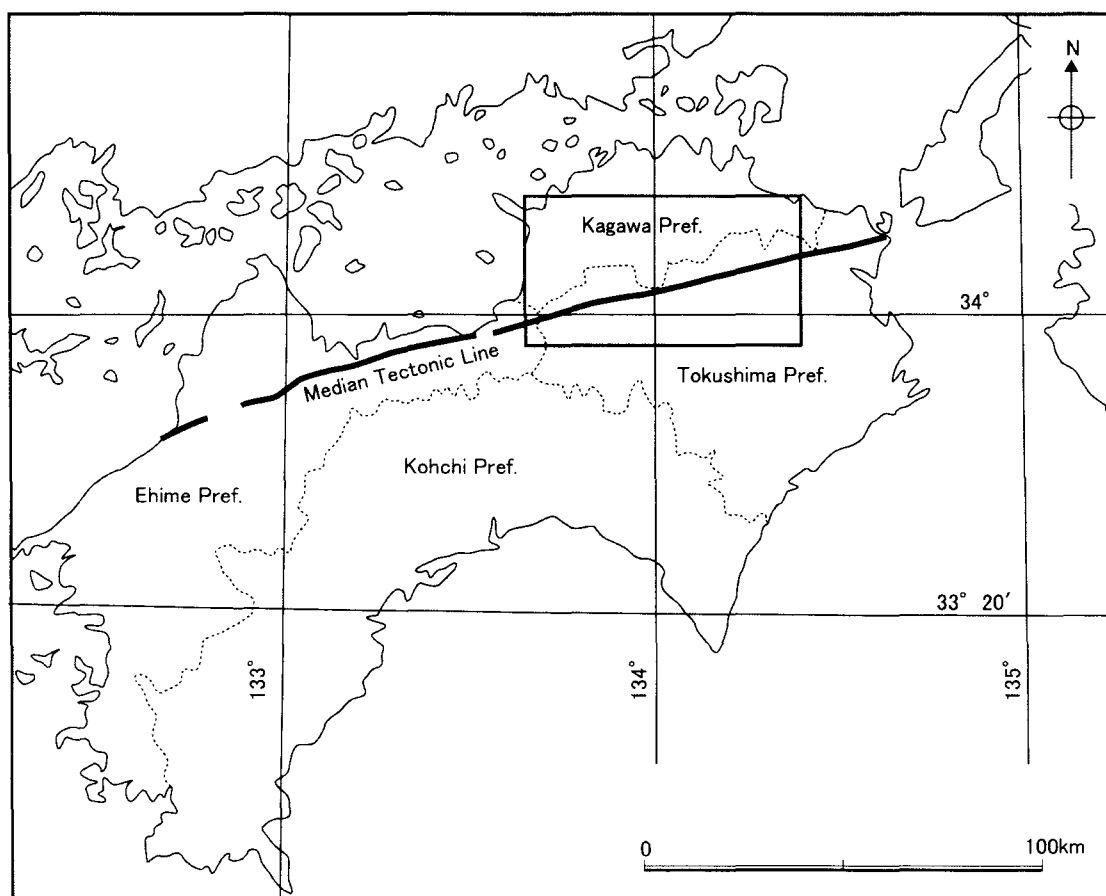


Fig.1 Locality map of the study area

面に区分されている。沖積扇状地面は吉野川の支流と吉野川本流との合流部付近に分布し、北から南へ扇状に広がる。

これら段丘面・沖積扇状地面の分布地域、ないしその北側の讃岐山地南端部付近には概ね東西方向を示すリニアメントが認められる。その分布は断続的ではあるが、一続きのものである。吉野川の支流の高瀬谷川付近から野村谷川付近にかけて、これらリニアメントは概ね吉野川と平行に2条に分岐し、野村谷川付近より東側にかけては吉野川と平行に、3条ないし4条分布する。一部のリニアメントは段丘面・沖積扇状地面上の変位地形として認められる。

2. 2 地質概説

本報告の調査地域の地質、断層及び断層露頭の分布をFig.2-1～Fig.2-3に示す。

調査地域には、和泉層群、土柱層、段丘堆積物（中位段丘1面構成層（Terrace deposits M1）、中位段丘2面構成層（Terrace deposits M2）、低位段丘1面構成層（Terrace deposits L1）、低位段丘2面構成層（Terrace deposits L2））、沖積扇状地堆積物が分布する。

和泉層群は、本地域の基盤岩であり、上部白亜系の砂岩・泥岩およびそれらの互層から成る。東西性で東落ちの褶曲軸をもつ向斜構造を持つ。中央構造線に接する部分では著しく破碎を受けている。

土柱層は、下部～中部更新統の礫層であり、徳島県三好郡三好町から板野郡土成町にかけての吉野川北岸に分布する（水野, 1987）。本層は粗粒砂を基質とし、径40cm以下の亜角～亜円礫より成る、半固結状の礫層である。旧吉野川の本流起源の堆積物、及びその支流によって形成された扇状地性の堆積物から成る。

段丘堆積物は、粗粒砂を基質とし、結晶片岩ないし和泉層群の砂岩起源の、径40cm以下の亜角～円礫より成る、未固結の礫層である。旧吉野川の本流及びその支流によって形成されたものである。中位段丘堆積物は沖積扇状地堆積物によって覆われている部分では新鮮であるが、地表近くに分布するものは風化を受けている。この堆積物は下末吉段丘に対比される。中位段丘1面構成層（Terrace deposits M1）と中位段丘2面構成層（Terrace deposits M2）とは類

似するが、地形に基づいて区分した。一方、低位段丘堆積物は殆ど風化を受けていない。低位段丘1面構成層（Terrace deposits L1）と低位段丘2面構成層（Terrace deposits L2）とは類似するが、地形により区分した。

沖積扇状地堆積物は、吉野川の支流によって形成された新しい堆積物である。

III. 試料を採取した断層露頭の概要

3. 1 坊僧山の断層露頭（三野断層と井口断層との接合部）

この断層露頭（Loc.5）は、三野断層と井口断層との接合部にある（Fig.2-3）。従来、三野断層はこの地点より東方ではより山地側（北側）に延び、野村谷川東方では井口断層に平行し、より北方に分布するとされてきた（水野ほか, 1993）。しかし、水野ほか（1993）に示される、三野断層東端部が存在するとされる沢沿いには断層露頭が分布しないこと、及びこの露頭での断層変位量の規模が大きく、断層末端部とは考えにくいことから、三野断層はここより河床に伏在し、井口断層に繋がると推定される。

この断層露頭において、3箇所断層面が認められる（Fig.3）。各々和泉層群が砂礫層に衝上している。断層面を東より断層面Ⅰ、Ⅱ、Ⅲと呼ぶ。

断層面Ⅰでは、比較的固結度の低い砂礫層（以下砂礫層1と呼ぶ）に和泉層群の砂岩層が衝上しており、これら砂礫層1と和泉層群の砂岩層とが崖錐性の砂礫層（以下砂礫層2と呼ぶ）に覆われている。

和泉層群の砂岩層は断層面付近で断層運動の影響を強く受けており、断層ガウジが発達し粘土分を比較的多く含む破碎部や、細かいクラックが多数入る砂岩が認められる。

和泉層群と断層関係で接する砂礫層1は、比較的締まりは悪い。断層面より約10m程度西側で和泉層群の砂岩層を不整合に覆う。そのため、露頭面に沿って約10m程度認められるのみである。その形状としては、和泉層群の上限面が作る凹地状もしくは谷状の地形を埋積するような分布を示している。砂礫層1の基質は粗粒砂であり、含まれる礫は径～数10cm程度の亜角～亜円礫であり、礫種は和泉層群砂岩である。この砂礫層は地形的に中位段丘構成層と推定さ

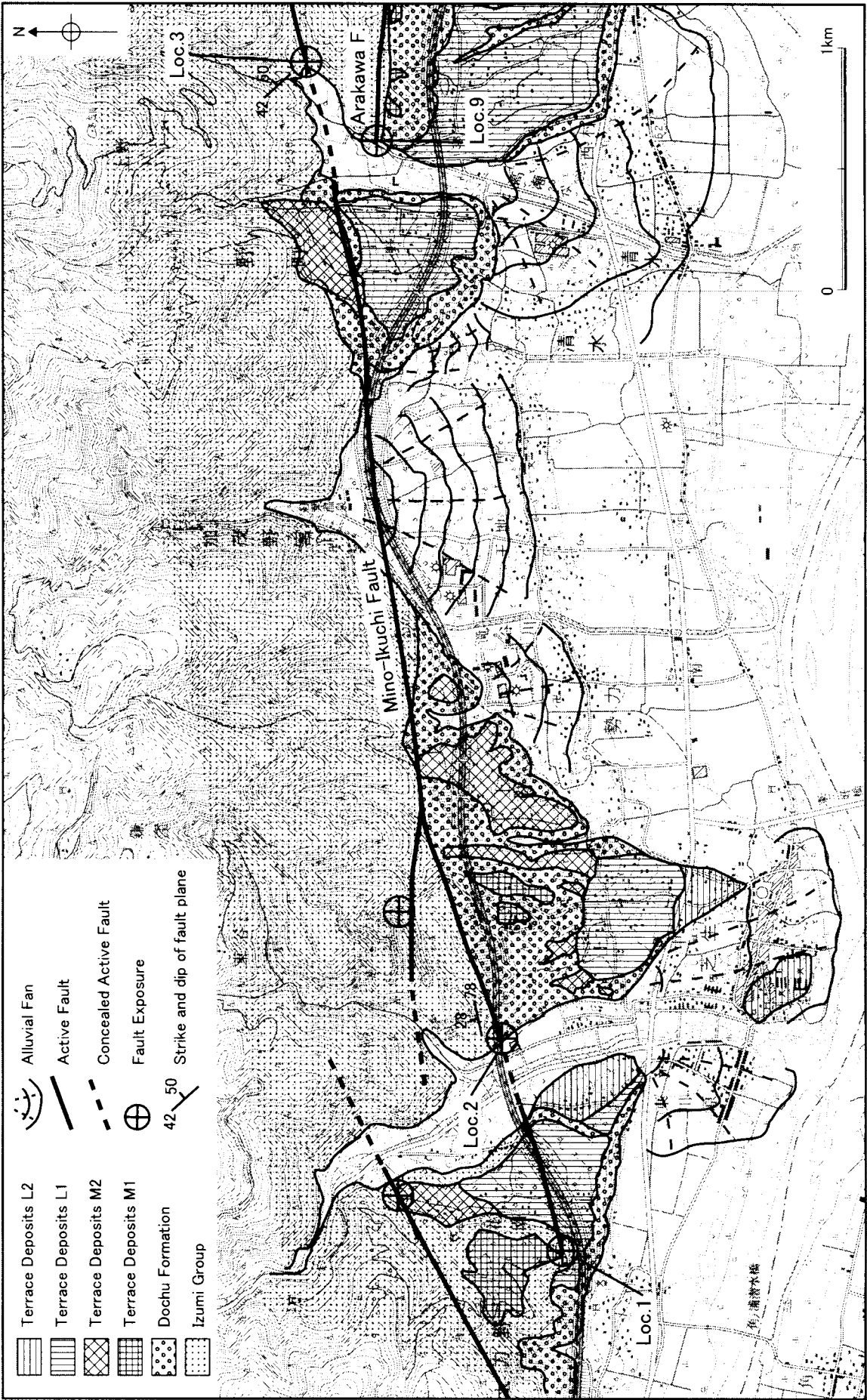


Fig.2-1 Geological map of the study area (eastern part)

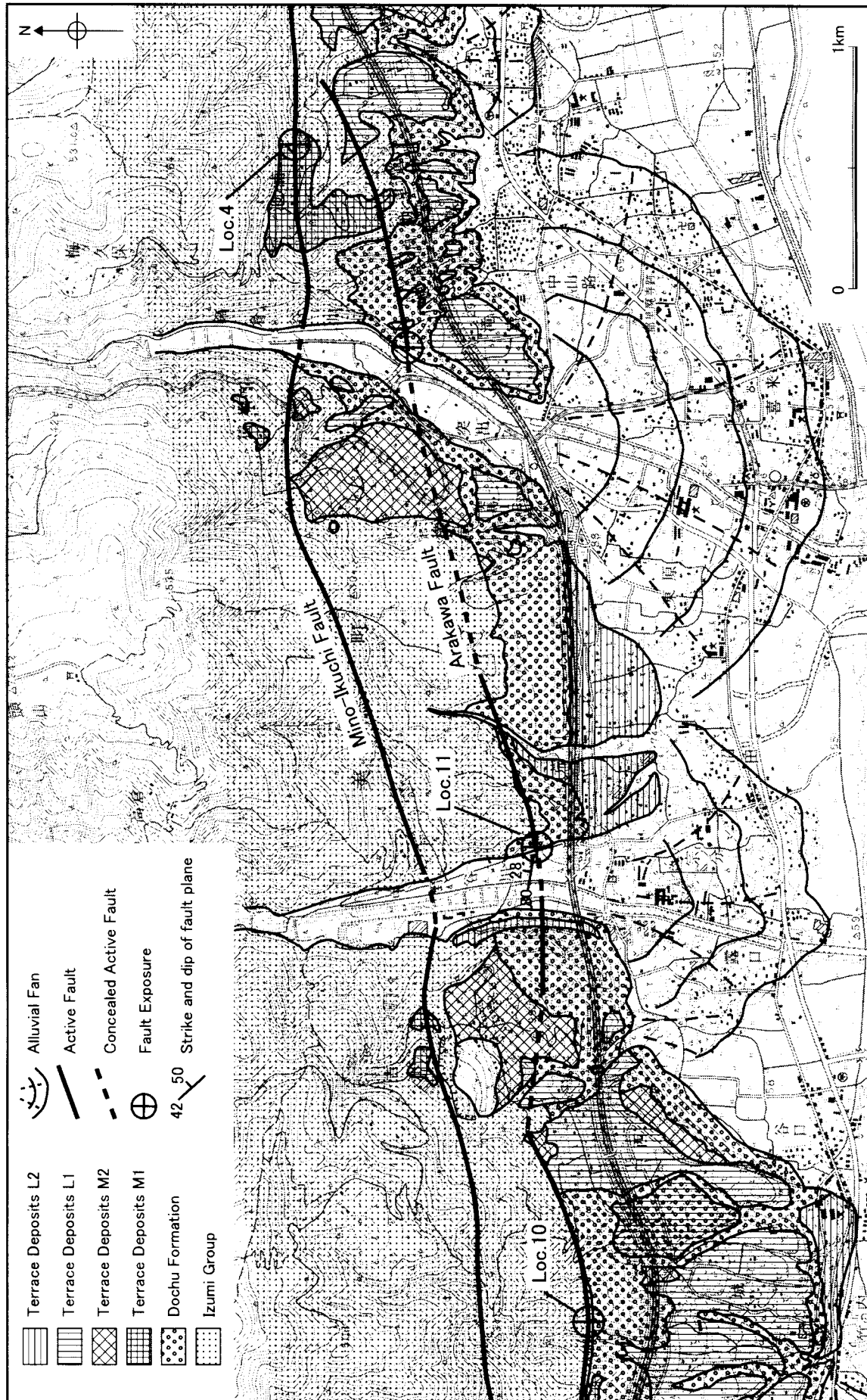


Fig.2-2 Geological map of the study area (central part)

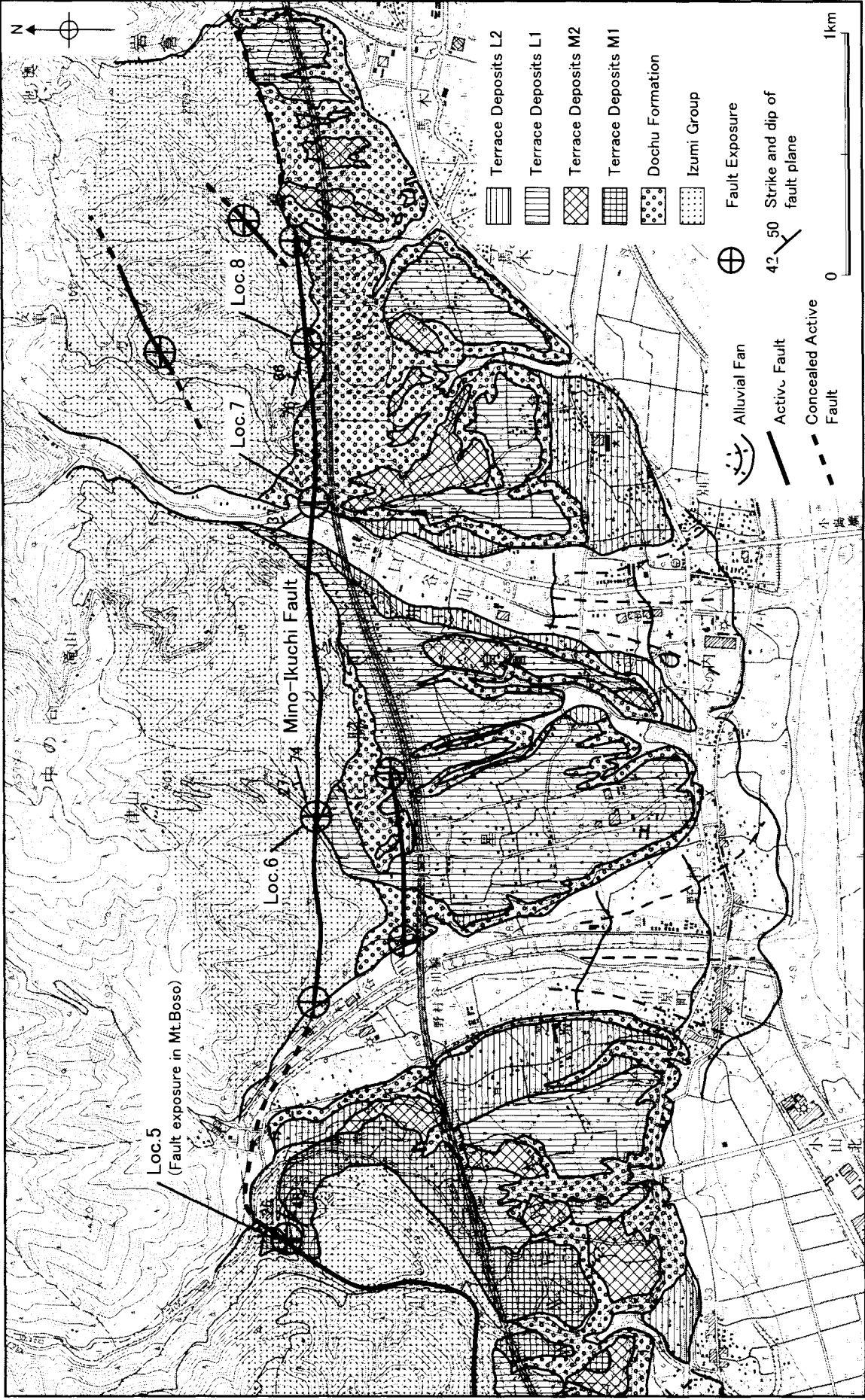


Fig.2-3 Geological map of the study area (western part)

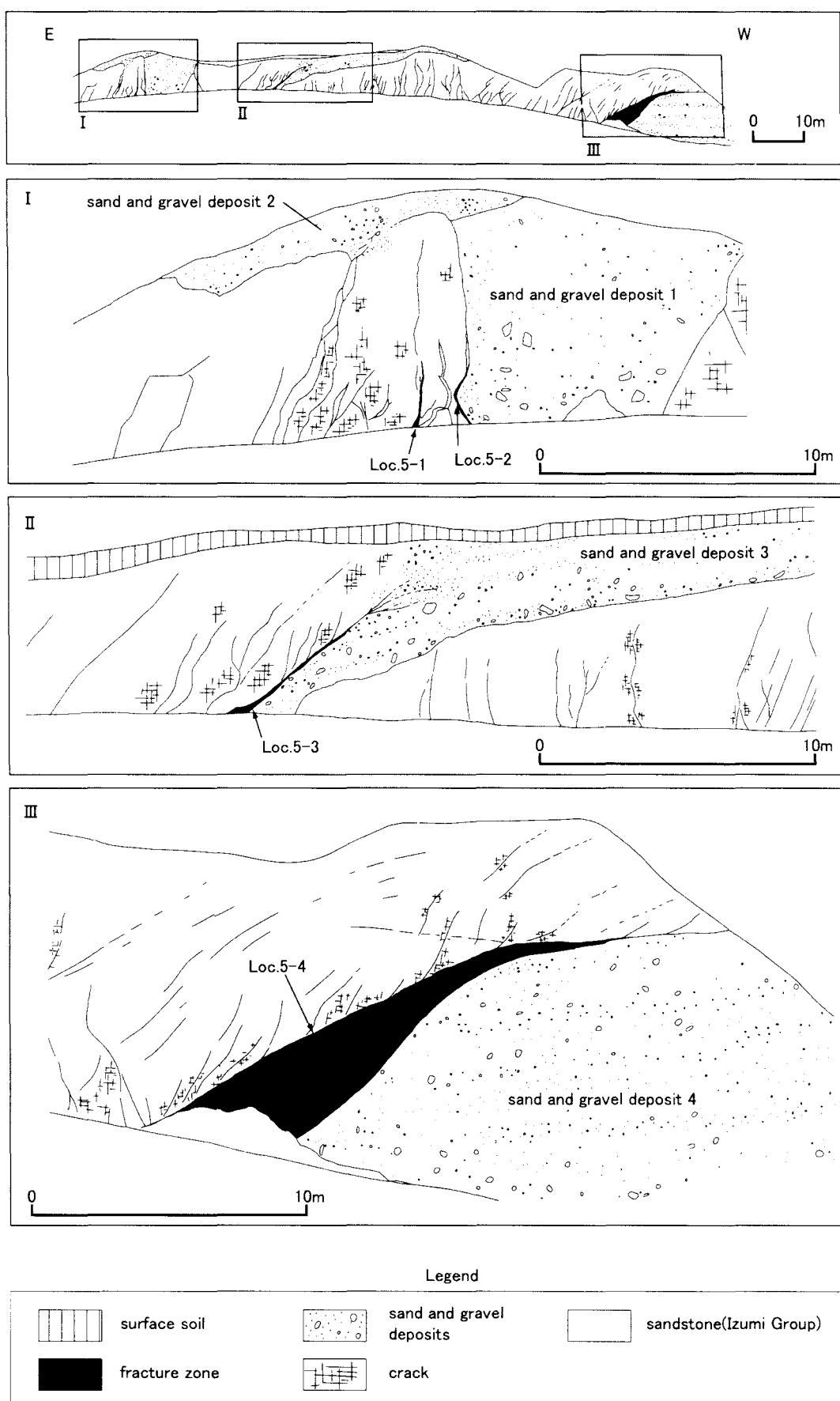


Fig.3 Sketches of the outcrop in Mt.Boso (Loc.5)

れる。

砂礫層 2 は和泉層群砂岩層及び砂礫層 1 を覆って分布する。砂礫層 1 の基質は粗粒砂であるがやや土壌化を受けて褐色味を帯びる。含まれる礫は新鮮な径～数10cm程度の亜角～亜円礫であり、礫種は和泉層群砂岩である。本層は崖錐性の堆積物と考えられる。本層と砂礫層 1 との境界は不明瞭である。

断層面は和泉層群の砂岩層と、堆積物 1 との境界を通り、砂礫層 2 に覆われる。露頭下部において、この断層面に沿って明瞭な断層ガウジが認められ、ここから試料を採取した (Loc.5-2)。加えて、和泉層群の破碎部にも断層ガウジが数条認められ、これら断層ガウジのうちの 1 つから試料の採取を行った (Loc.5-1)。

断層面Ⅱでは、比較的固結度の低い砂礫層（以下砂礫層 3 と呼ぶ）に和泉層群の砂岩層が衝上しており、それらが全体が表土に覆われている。

和泉層群の砂岩層は、断層面Ⅰと同様に、断層面付近では細かいクラックが多数入る。砂礫層 3 はその分布形状及び特徴が砂礫層 1 と非常に類似する。砂礫層 3 には、東側へ緩く傾斜した礫配列や層構造が認められるが、これは断層面より西側にある和泉層群と砂礫層 3 との不整合面の傾斜とほぼ平行である。

この断層面は和泉層群の砂岩層と、堆積物 3 との境界を通り、露頭のやや上部で 3 条に分岐する。1 つは和泉層群と砂礫層 3 との境界を通り、表土に達するよりも下部で不明瞭になる。残りの 2 条は傾斜がより緩くなり、砂礫層 3 内部にはいり、不明瞭になる。露頭下部では断層面に沿って断層ガウジが認められ、ここから試料を採取した (Loc.5-3)。

断層面Ⅲでは、固結度の低い砂礫層（以下砂礫層 4 と呼ぶ）に和泉層群の砂岩層が衝上し、地表に達している。

和泉層群はこの断層面に沿って破碎部を形成しており、その厚さは露頭下部では3m程度であるが、地表に近づくにつれてその厚さを減じ、地表に到達する前に尖滅する。断層からやや離れた部分においても細かいクラックが多数入るほか、断層運動に伴う P 面に相当するクラックが発達する。砂礫層 4 はその特徴が堆積物 1 及び堆積物 3 と類似するが、若干締まりがより悪い。

断層面は、露頭下部で破碎部を通り、上部で和泉

層群と砂礫層 4 との境界部を通り、地表に達する。試料は破碎部と和泉層群との境界部に認められる断層ガウジより採取した (Loc.5-4)。

巻末に、各断層面の露頭写真を示す (Plate1-1 及び Plate1-2)。

3. 2 三野・井口断層のその他の断層露頭

この断層の断層露頭は坊僧山の断層露頭の他、9箇所確認された (Fig.2-1～Fig.2-3)。これらの断層はいずれも衝上断層であり、断層面のストリエーションとステップは右横ずれを示す。そのうち3箇所の断層露頭で試料を採取した (Loc.2, Loc.4, Loc.7)。

Loc.2では和泉層群の泥岩が土柱層に衝上しているのが認められる。Loc.4は岡田・堤 (1990) によって報告されている。岡田・堤 (1990) によれば、この付近の地形面の構成層と考えられる礫層中に挟まれる腐植土層の年代は14650yBPである。Loc.7では断層は土柱層中に認められる。

3. 3 荒川断層の断層露頭

この断層の断層露頭は4箇所確認された (Fig.2-1～Fig.2-3)。そのうち3箇所の断層露頭で試料を採取した (Loc.9～Loc.11)。

Loc.9では土柱層が和泉層群起源の破碎帯によって衝上されているのが認められる。これらは中位段丘を構成する段丘堆積物に覆われている。Loc.11では土柱層が和泉層群によって衝上されているのが認められる。その他の断層露頭においても断層面が土柱層もしくは和泉層群を切っているのが認められる。いずれの断層露頭においても断層面の走行はほぼ東西方向であり、北側に傾斜し、ストリエーションとステップは右横ずれを示した。

IV. 断層ガウジに含まれる石英粒子の表面構造の解析

4. 1 解析原理及び手法

断層ガウジに含まれる石英は、断層運動時に破断され、表面が新鮮になり、その後溶食されていく。その溶食の程度により、断層活動の相対的な年代が

推定できる（金折ほか, 1978）。石英の溶食の進み方は、置かれた環境によりことなるものと考えられるが、地表に近い環境においては、溶食は著しく小さく、環境よる変化は大きくない。すなわち、高アルカリ土壌、あるいは地熱地帯などでないかぎり、溶食の進行の程度は断層の形成時から現在までの時間経過に依存すると考えられる。

観察及び解析に用いた石英は、断層面の極近傍（1mm 内）の断層ガウジより採取されたものである。この断層ガウジを水により洗浄し粗粒分のみを取り出す。粗粒分を10%塩酸に8時間浸し、炭酸塩鉱物を取り除く。この段階では粒子表面に微小な付着物が付着しているため、蒸留水で約30分間超音波洗浄を行う。その後、完全に乾燥させ、粗粒分から、実体顕微鏡を用いて、特に表面が滑らかで角張っている石英を取り出す。

これら取り出した石英を試料台に固定し、表面を金で蒸着し、走査型電子顕微鏡で石英の表面構造を観察する。本調査で使用した走査型電子顕微鏡は岡山大学理学部付属臨海実験所に設置されている日本電子製のJEOL JSM-T 300 SCANNING MICROSCOPEである。

観察に基づき、石英の溶食の程度を認定し、それによって断層活動時期の推定を行う。金折ほか（1978）によれば、新しい活動を示す「破断」から、相対的に古い活動を示す「第四類」までの5つに区分される。これら区分の、いずれに該当するかは、石英粒子の表面構造の形態上の特徴によって決められる。この形態上の特徴は、金折ほか（1978）により、垂貝殻状、ミカン皮状、苔状、鱗片状等、8つに分類されている（表1）。

本調査では、各露頭で得られた石英のうち、新鮮なもの20個程度を選んで観察を行った。形態上の特徴は金折ほか（1978）の8分類に従い、「第一類」をIa, Ia', Ib, Ib', Ic, Ic' の6つに細分して相対的活動時期を認定した（表2）。

金折ほか（1978）では、第一類は垂貝殻状とミカン皮状に細分されているが、本報告では、観察に基づき、垂貝殻状の石英粒子（a区分）、垂貝殻状とミカン皮状とが混在する石英粒子（b区分）、ミカン皮状の石英粒子（c区分）に分けた。

a区分のうち、嶺や角が鋭い石英粒子をIaと区分し、全体的に丸みを帯び、嶺や角がなだらかな石

英粒子をIa'と区分した。b区分のうち、垂貝殻状の割合が多い石英粒子をIbと区分し、ミカン皮状の割合が多い石英粒子をIb'と区分した。c区分のうち、典型的なミカン皮状の石英粒子をIcと区分し、表面の荒れが激しく、第二類へと変わりつつある石英粒子をIc'と区分した。

全体として、Ia, Ia', … Ic'の順に石英粒子の溶食が進んでいる。

4. 2 観察及び解析結果

表1及び表2に基づく各試料の観察結果をFig.4に示す。また、巻末に、細区分した第一類（Ia, Ia', ~ Ic'）のそれぞれについて典型的な電子顕微鏡写真を示す（Plate2-1及びPlate2-2）。

1) 三野・井口断層

Loc.2では、Iaが60%程度を占めており、Ia', Ibも各々20%程度認められる。

Loc.4ではIa'がおおよそ60%を占めており、Ia, Ibもある程度認められるが、第二類のものが若干認められる。

Loc.5-1ではIaが40%程度と最も多く、Ia', Ibも30%程度と比較的多く認められる。

Loc.5-2ではIa'が50%程度認められ、他のものは比較的少量認められるのみである。

Loc.5-3ではIa', Ibが30~40%と比較的多く認められる他、Ia及び第二類が20%程度認められる。

Loc.5-4ではIa'が40%を占めており、他にIa, Ib, Ib'が20%程度認められる。

Loc.7ではIa'が60%で最も多く、Iaが30%程度認められる。

2) 荒川断層

Loc.9ではIa'が40%弱で最も多いものの、Ia, Ib, Icも各々20%程度認められる。

Loc.10ではIbが40%弱で最も多く、他にIcが30%程度、Ia'が20%程度認められる。

Loc.11ではIa'が40%程度を占め最も多く、Ia, Ib, Ib'も各々20%程度認められる。

表1 石英粒子の表面構造の分類

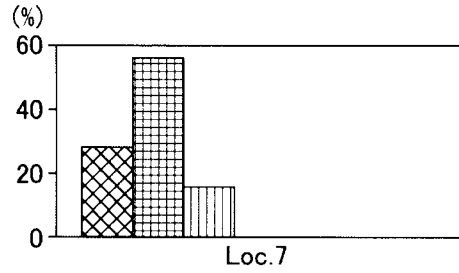
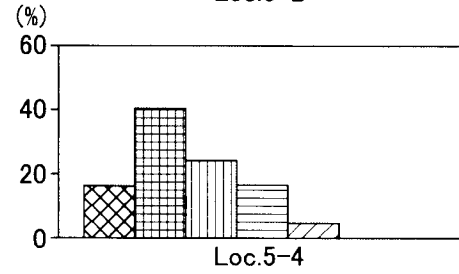
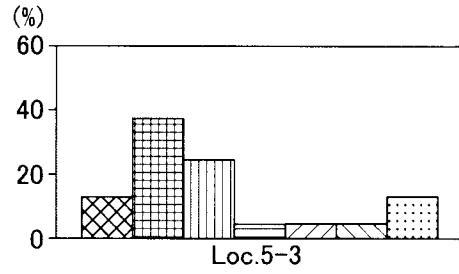
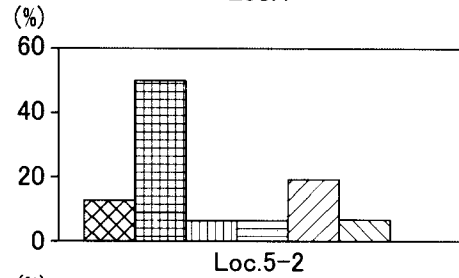
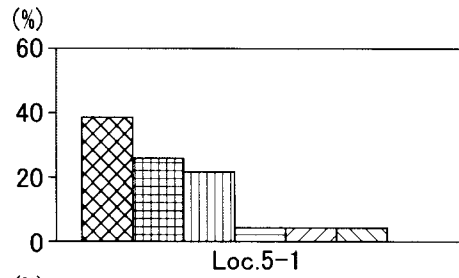
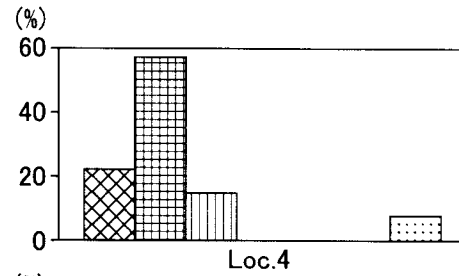
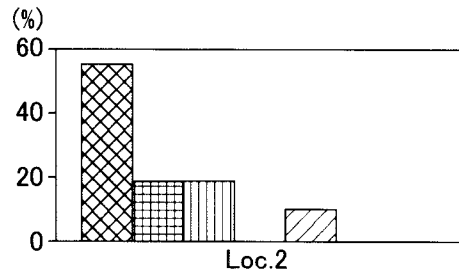
		粒形、表面	縁や嶺	ステップ構造	面の集合構造、柱構造	穴構造、谷構造	起伏量※
貝殻状	破断	粒は角張っている 面は非常に滑らか	尖っている	×	×	×	×
垂貝殻状	第一類	角張っている、 滑らか	やや鈍く尖った 嶺をもつ	部分的に見られる こともある (幅1~3 μ m)	階段状に数枚重なる こともある	小穴見られること もある (ϕ 1~3 μ m)	1~3 μ m
ミカン皮状		やや小起伏状 だが滑らか (ミカン似)	先端丸い	"	" 表面がミカンの皮に 似ている	1 μ mの同 ϕ の小穴が 密集することもある	"
鱗片状	第二類	粒はやや角張っ ている	嶺の跡が見ら れる	×	同サイズ同方向に並ん だV型の集合 (大きさ3~5 μ m)		3~5 μ m
苔状 (第二類)		"	"	×	半球状、苔状の集合		"
虫食い状	第三類	著しく丸みを帯び 起伏に富む	×	×	5~10 μ mの残された 部分が不規則に並ぶ	複雑に曲がりくねった 穴が不規則に発達	5~10 μ m
鍾乳状		"	×	×	先端の丸くなった柱状 の突起 (長3~5 μ m、最大10 μ m)	隣り合う突起部の 間の谷部	3~5 μ m 最大10 μ m
苔状 (第三類)		第二類より凹凸増す 完全に平坦面がない	×	×	半球状、苔状の集合 (第二類より起伏増す)		5~10 μ m
おう穴状	第四類	外形完全に丸い 穴が大きく深い	×	×	円筒状の穴の一部は 平坦な底を持つ	半球、円筒状の穴 干渉して輪郭は複雑 (ϕ 5~10 μ m)	穴の深さ 約10~50 μ m 最大100 μ m
サンゴ状		" 複雑に連続する 空洞	×	×	空洞でない部分は滑ら かな小面の集合体	おう穴状より空洞の 率が大い (ϕ 5~10 μ m)	"

起伏量※ : ステップ、面、柱、穴、谷構造など
(金折ほか(1978)を一部改変)

表2 第一類の細分

区 分		特 徴
a区分	I a	垂貝殻状である
	I a'	垂貝殻状であるが、全体的に丸みを帯びてきており、嶺や、角などがなだらかになっている
b区分	I b	垂貝殻状とミカン皮状が混在するが、垂貝殻状の割合が多い
	I b'	垂貝殻状とミカン皮状が混在するが、面積の半分以上をミカン皮状が占める
c区分	I c	ミカン皮状である
	I c'	ミカン皮状であるが、表面の荒れ方が激しくなっており、第二類へと変わりつつあると思われる

Mino-Ikuchi Fault



Arakawa Fault

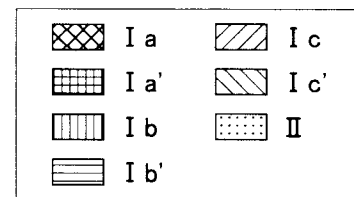
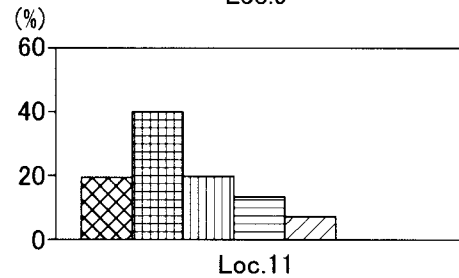
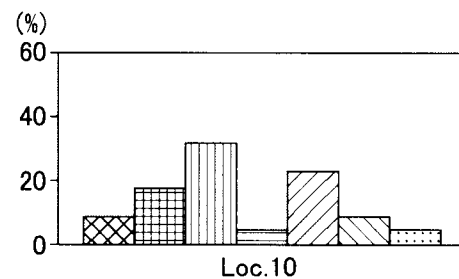
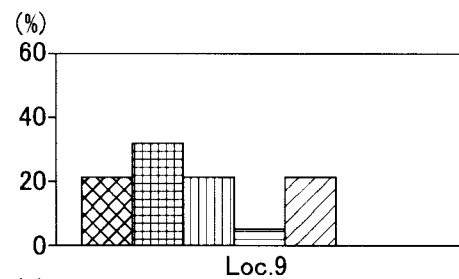


Fig.4 Histograms of the distribution of the type of quartz surface fabric

V. 考察及び結論

従来、三野断層と井口断層は、雁行状に配列しており、連続はしないと考えられてきた（水野ほか，1993）。しかし、水野ほか（1993）により、三野断層の東端部が延びるとされてきた地域に断層露頭が認められないこと、及び本報告の坊僧山の断層露頭が、規模が大きく断層末端部のものとは考えにくいことから、本報告では、三野断層と井口断層とは連続するものと結論した。

石英の表面構造の観察の結果、三野・井口断層から得られたものは、Ia～Ib付近に区分されるものが多いが、しばしばIaないしIa'に鋭いピークを持つものに対して、荒川断層から得られたものは、Ia～Icまで幅広く分布する。

これは三野・井口断層に含まれる石英が、断層活動による破断を受けてからの時間経過が荒川断層のものよりも短いことを示唆する。

よって、三野・井口断層は荒川断層よりも新しい時期に活動したと推定される。

謝 辞

石英の表面構造の観察には岡山大学理学部附属臨海実験所の電子顕微鏡を使用させていただいた。同実験所の山本雅道教授と牛堂和一郎技官には観察にあたってたいへんお世話になった。香川大学工学部長谷川修一助教授には現地で貴重なご教示をいただいた。また(株)アイ・エヌ・エーの柳田 誠博士には調査地域の構造地形判読の指導をしていただき、また重要なご教示をいただいた。以上の方々に厚く御礼申し上げる。

引用文献

- 金折裕司・宮腰勝義・角田隆彦・佐竹義典（1978）断層粘土中の石英粒子の表面構造，電力中央研究所報告
 水野清秀（1987）四国及び淡路島の中央構造線沿いに分布する鮮新・更新統について（予報），地質調査所月報，vol. 38，no. 4，p. 171-190
 水野清秀・岡田篤正・寒川旭・清水文健（1993）中央構造線活断層系（四国地域）ストリップマップ（縮尺1:25,000，地質図2）及び説明書，構造図8，地質調査所，63p.

岡田篤正・堤浩之（1990）四国中・東部における中央構造線の断層露頭と地形面の編年に関する資料，活断層研究，no. 8，p. 31-47



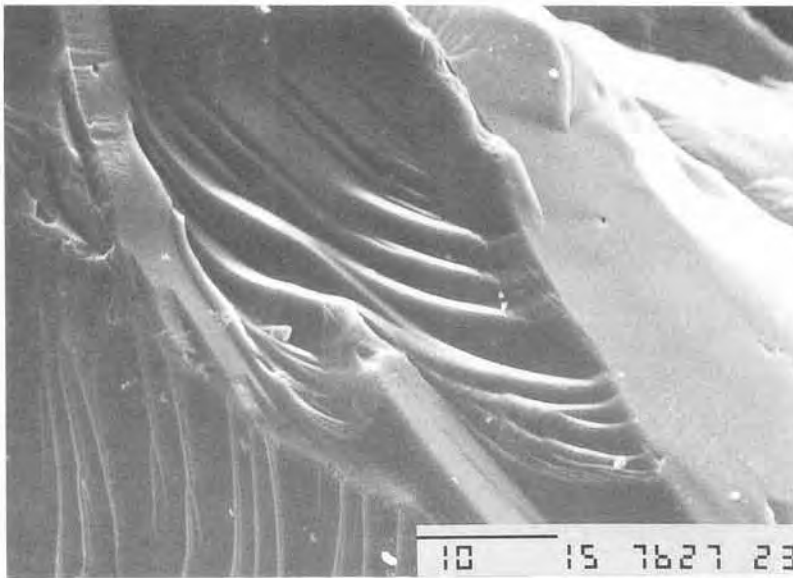
Fault exposure in eastern part of the outcrop (Loc.5-1)



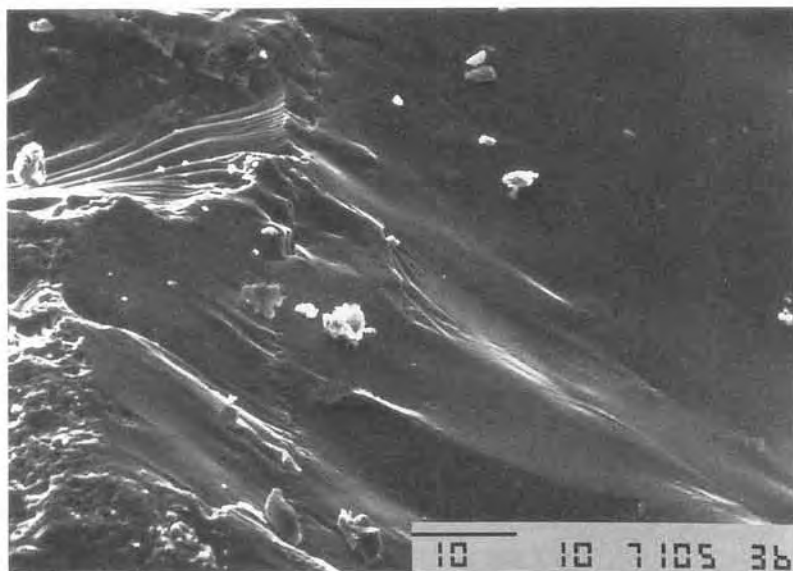
Fault exposure in central part of the outcrop (Loc.5-3)



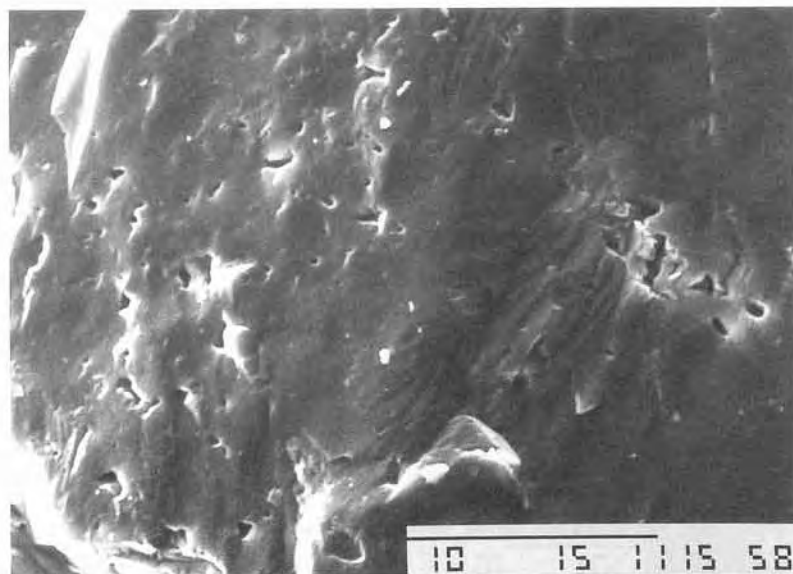
Fault exposure in western part of the outcrop (Loc.5-4)



Type: I a
(Loc.2)



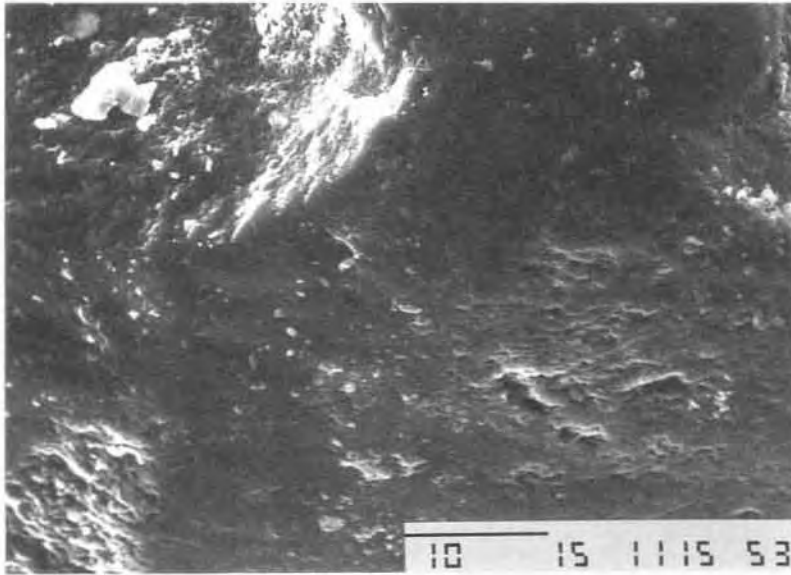
Type: I a'
(Loc.11)



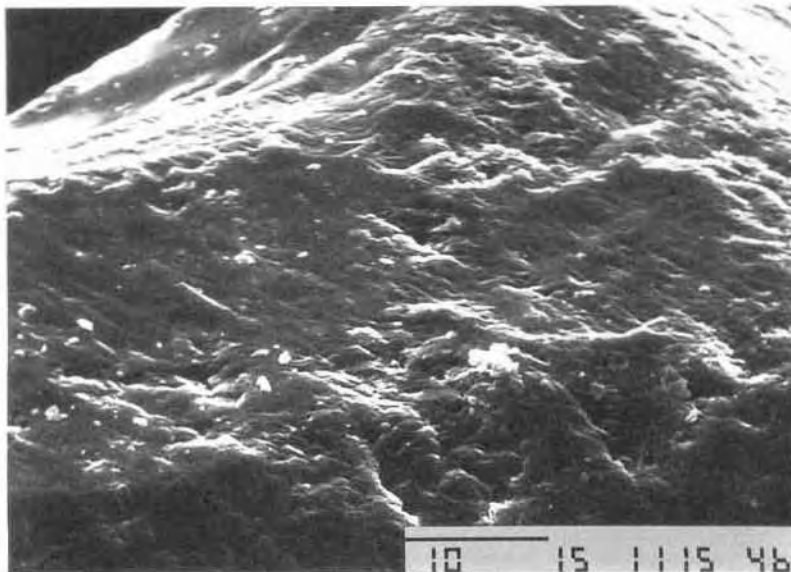
Type: I b
(Loc.5-2)

The line in the below right box of
a photograph represents 10 μ m long.

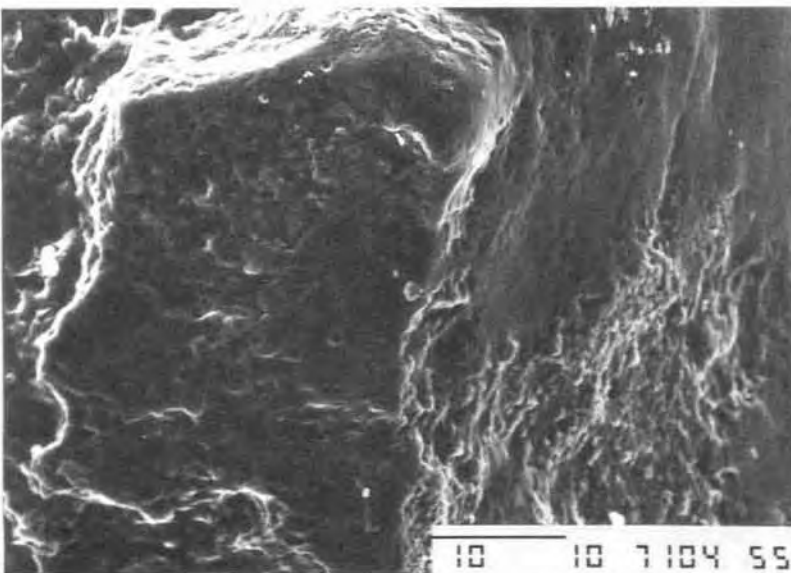
Plate 2-1 Electron microscope photographs of the surface fabric of quartz particles



Type: I b'
(Loc.5-2)



Type: I c'
(Loc.5-2)



Type: I c'
(Loc.10)

The line in the below right box of
a photograph represents 10 μ m long.

Plate 2-2 Electron microscope photographs of the surface fabric of quartz particles